

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-014576

(43)Date of publication of application : 22.01.1999

(51)Int.Cl.

G01N 25/72  
H05K 3/00

(21)Application number : 09-168925

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 25.06.1997

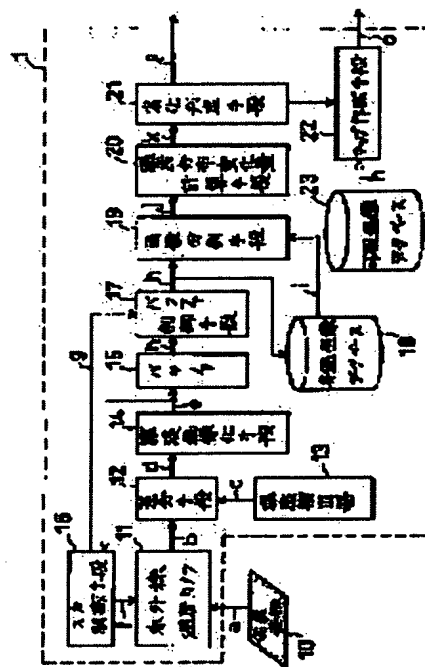
(72)Inventor : MINAMI YUJI

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR DIAGNOSIS OF DEGRADATION OF MOUNTING BOARD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To diagnose the degradation of a mounting board on the basis of the distribution of the surface temperature of the board.

SOLUTION: Under a constant input/output condition, a power-supply is turned on to a mounting board 10 on which electric and electronic components are mounted. After that, in the time until the surface temperature of the mounting board 10 becomes a steady state, temperature-rise image data obtained in such a way that the distribution of the surface temperature of the mounting board is measured so as to be changed into an image in every prescribed sampling point of time is output by a temperature-image measuring means 11. The temperature-rise image data which is output by the temperature-image measuring means 11 by measuring the mounting board 10 so as to be changed into the image is stored on a temperature-rise-image database 18. In a temperature-distribution-change-amount computing means 20, temperature-rise-image data in the nearest part after the time-dependent use of the mounting board 10 out of the temperature-rise image data is used as reference temperature-rise-image data so as to be compared with the temperature-rise image data, and the change amount of a temperature distribution between both data is computed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-14576

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 25/72

G 0 1 N 25/72

G

H 0 5 K 3/00

H 0 5 K 3/00

V

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平9-168925

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月25日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 南 裕二

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝

府中工場内

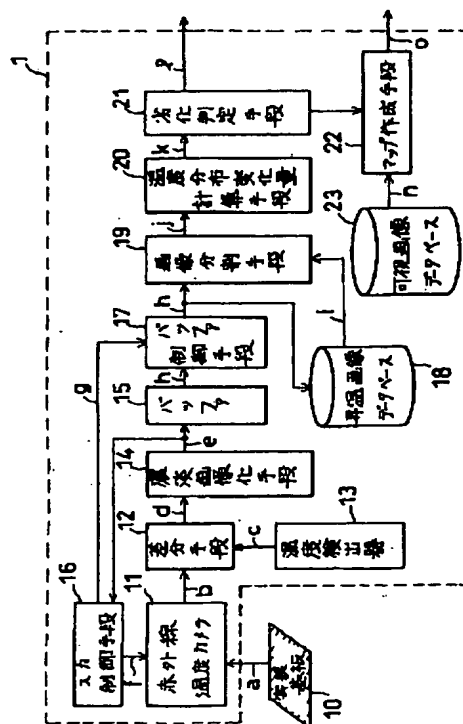
(74) 代理人 弁理士 大胡 典夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 実装基板の劣化診断方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 実装基板の表面温度分布から基板の劣化を診断する。

【解決手段】 電気・電子部品を実装した実装基板10に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、温度画像計測手段11により、段所定のサンプリング時点毎に前記実装表面の温度分布を計測・画像化した昇温画像データを出力する。この温度画像計測手段11により前記実装基板10を異なる時期において計測・画像化し、出力された前記昇温画像データを昇温画像データベース18に格納する。温度分布変化量計算手段20は、前記昇温画像データの内、前記実装基板の経年使用上、最も過去の昇温画像データを基準昇温画像データとして、前記昇温画像データと比較し、両者の間の温度分布変化量を計算する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面の温度分布を計測・画像化した昇温画像データを出力する温度画像計測手段と、この温度画像計測手段により前記実装基板を異なる時期において計測・画像化し、出力された前記昇温画像データを昇温画像データベースに格納する手段と、この手段により前記昇温画像データベースに格納された前記昇温画像データの内、前記実装基板の経年使用上、最も過去の昇温画像データを基準昇温画像データとして、前記昇温画像データと比較し、両者の間の温度分布変化量を計算する手段と、この温度分布変化量計算手段により得られた温度分布変化量を予め設定されたしきい値と比較し、前記温度分布変化量が前記しきい値を越えた場合、「劣化あり」と判定する劣化判定手段とを備えたことを特徴とする実装基板の劣化診断方法。

【請求項 2】 電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面の温度分布を計測・画像化した昇温画像データを出力する温度画像計測手段と、この温度画像計測手段により前記実装基板を異なる時期において計測・画像化し、出力された前記昇温画像データを格納する昇温画像データベースと、この昇温画像データベースに格納された前記昇温画像データの内、前記実装基板の経年使用上、最も過去の昇温画像データを基準昇温画像データとして、前記昇温画像データと比較し、両者の間の温度分布変化量を計算する手段と、この温度分布変化量計算手段により得られた温度分布変化量を予め設定されたしきい値と比較し、前記温度分布変化量が前記しきい値を越えた場合、「劣化あり」と判定する劣化判定手段とを備えたことを特徴とする実装基板の劣化診断装置。

【請求項 3】 前記温度分布変化量計算手段は、前記所定のサンプリング時点のうちの同一サンプリング時点における前記基準昇温画像データと前記昇温画像データとの間の変化量を計算することを特徴とする請求項 2 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 4】 前記昇温画像データおよび基準昇温画像データをそれぞれ画像分割する画像分割手段と、この画像分割手段によりそれぞれ分割された前記基準昇温画像データおよび前記昇温画像データをそれぞれ前記温度分布変化量計算手段に供給する手段とを備え、前記温度分布変化量計算手段は前記分割された基準昇温画像データおよび昇温画像データの同一分割領域、同一サンプリング時点における両温度画像間の温度分布変化量を各々計算することを特徴とする請求項 3 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 5】 前記劣化判定手段は、前記全ての分割領域に少なくとも一カ所以上で「劣化あり」と判定された場合、「劣化あり」と判定された分割領域の位置情報をマップ作成手段へ出力し、このマップ作成手段は前記実装基板の可視画像に前記分割領域の位置情報を重ね合わせて表示することを特徴とする請求項 3 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 6】 前記温度分布変化量計算手段は、同一サンプリング時点における前記基準昇温画像データの分割温度画像の累積濃度値と診断時に計測・画像化した前記昇温画像データの分割温度画像と同一分割領域の分割温度画像の累積濃度値との差分を前記分割温度画像間の温度分布変化量として計算することを特徴とする請求項 5 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 7】 前記温度分布変化量計算手段は、前記同一サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同一分割領域内の同一座標における前記診断時に計測・画像化した昇温画像の画素濃淡値を差分計算するとともに、この差分計算を前記同一分割領域内の全画素に対して計算し、得られた各差分値の 2 乗和平均を前記分割温度画像間の温度分布変化量とすることを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 8】 前記温度分布変化量計算手段は、前記同一サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同一の分割領域における前記診断時に計測・画像化した昇温画像データの分割温度画像との相互相関係数を前記分割温度画像の温度分布変化量として出力することを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 9】 前記温度分布変化量計算手段は、前記同一サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同一の分割領域における前記診断時に計測・画像化した昇温画像データの分割温度画像とのフラクタル次元を計算するとともに、これらの分割温度画像間のフラクタル次元の差分値を前記分割温度画像間の温度分布変化量とすることを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 10】 前記温度分布変化量計算手段は、前記同サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同分割領域における前記診断時に計測・画像化した昇温画像データの分割温度画像における代表点温度またはピーク温度値間の差分値を計算し、この差分値を前記分割温度画像間の温度分布変化量とすることを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 11】 前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域での前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データがそれぞれ示す昇温時間に対する昇温変化の傾向である昇温特性の特徴を定量化

し、これらの定量値間の差分値である昇温特性変化量を温度分布変化量として出力することを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 12】 前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データの代表点が示す、昇温時間に対する昇温度データの立ち上がり付近の角度である昇温変化率を計算し、これらの昇温変化率の差分値を昇温特性変化量として出力することを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 13】 前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データがサンプリング毎に逐次示す、昇温時間に対する累積濃度値の立ち上がり付近の角度である累積濃度変化率を計算し、これらの累積濃度変化率の差分値を昇温特性変化量として出力することを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 14】 前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データがサンプリング毎に逐次示す、昇温時間に対するフラクタル次元データの立ち上がり付近の角度であるフラクタル次元変化率を計算し、これらのフラクタル次元変化率の差分値を昇温特性の変化量として出力することを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 15】 前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データ間の相互相関係数がサンプリング毎に逐次示す、昇温時間に対する立ち上がり付近の角度である相関変化率を計算し、これらの相関変化率の差分値を昇温特性の変化量として出力することを特徴とする請求項 4 記載の実装基板の劣化診断装置。

【請求項 16】 電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面から放射される赤外線を 2 次元走査して昇温画像データを出力する赤外線温度カメラと、前記実装基板の周囲温度を検出する温度検出器と、この温度検出器で検出した周囲温度データおよび前記赤外線温度カメラで計測した温度値との差分値である昇温度を計算する差分手段と、この差分手段で計算した前記差分温度を入力し、この差分温度を濃淡値に変換して 2 次元配列の温度画像データを得る濃淡画像化手段と、この濃淡画像化手段で画像化した温度画像データを一時格納するバッファと、前記濃淡画像化手段から温度画像データが入力され、このデータの全画素の濃淡値を合計した累積濃度値を各サ

ンプリング時点で算出するとともに、隣接するサンプリング時点で計測・画像化した温度画像の累積濃度値の差分を計算し、この差分値が連続して予め設定した上下限値の範囲に入った時点で、前記赤外線温度カメラに計測停止指示信号を出力するとともに前記バッファに動作指示信号を供給する入力制御手段とを備え、この入力制御手段から供給される前記動作指示信号の入力で動作し、前記バッファに格納された昇温画像データを取り出し、外部へ出力することを特徴とする劣化診断装置。

【請求項 17】 遠隔地の計測・診断端末装置と、診断ホストセンタ装置と、これらを相互に接続する通信回線網とを備え、前記遠隔地の計測・診断端末装置は、電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面から放射される赤外線を 2 次元走査して昇温画像データを出力する赤外線温度カメラと、前記実装基板の周囲温度を検出する温度検出器と、この温度検出器で検出した周囲温度データおよび前記赤外線温度カメラで計測した温度値との差分値である昇温度を計算する差分手段と、この差分手段で計算した前記差分温度を入力し、この差分温度を濃淡値に変換して 2 次元配列の濃淡画像化手段と、この濃淡画像化手段で画像化した昇温画像データを一時格納するバッファと、前記濃淡画像化手段から昇温画像データが入力され、このデータの全画素の濃淡値を合計した累積濃度値を各サンプリング時点で算出するとともに、隣接するサンプリング時点で計測・画像化した昇温画像の累積濃度値の差分を計算し、この差分値が連続して予め設定した上下限値の範囲に入った時点で、前記赤外線温度カメラに計測停止指示信号を出力するとともに前記バッファに動作指示信号を供給する入力制御手段と、この入力制御手段から供給される前記動作指示信号の入力で動作し、前記バッファに格納された昇温画像データを取り出し、前記通信回線網を介して前記診断ホストセンタ装置との間でデータ送受信を行う端末側通信制御手段と、この通信制御手段が前記通信回線網を介して前記診断ホストセンタから受信した診断結果データが供給される出力制御手段と、この出力制御手段によりその出力が制御されるデータ表示装置とを備え、前記診断ホストセンタ装置は、前記遠隔地の計測・診断端末装置からの出力データである前記昇温画像データを通信回線網を介して受信し、前記診断結果を前記遠隔地の計測・診断端末装置へ送信するホスト側通信制御手段と、このホスト側通信制御手段により受信された前記昇温画像データが供給され、このデータを格納する温度画像デ

ータベースと、

この昇温画像データベースに格納された前記温度画像データの内の、前記実装基板の経年使用上、最も過去の昇温画像データを基準昇温画像データとして、前記昇温画像データと比較し、両者の間の温度分布変化量を計算する手段と、

この温度分布変化量計算手段により得られた温度分布変化量を予め設定されたしきい値と比較し、前記温度分布変化量が前記しきい値を越えた場合、「劣化あり」と判定する劣化判定手段と、

この劣化判定手段により判定された結果を前記ホスト側データ送受信手段に出力する通信制御手段とを備えたことを特徴とする劣化診断装置。

【請求項 18】 前記診断ホストセンタ装置はさらに、前記昇温画像データおよび基準昇温画像データをそれぞれ画像分割し、前記温度分布変化量計算手段に供給する画像分割手段と、前記温度分布変化量計算手段により計算された結果を格納するトレンドデータベースと、このトレンドデータベースに格納されている前記温度分布変化量の最小二乗近似により劣化判定しきい値に達する予測時間を計算し、この予測時間が許容範囲になれば「劣化兆候あり」と評価するトレンド評価手段とを備え、前記温度分布変化量計算手段は、前記画像分割手段によりそれぞれ分割された前記基準昇温画像データおよび前記昇温画像データがそれぞれ供給され、前記分割された基準昇温画像データおよび昇温画像データの同一分割領域、同一サンプリング時点における両温度画像間の温度分布変化量を各々計算し、また、前記ホスト側通信制御手段は前記トレンド評価手段の評価結果を前記劣化判定手の判定結果とともに前記遠隔地の計測・診断端末装置へ送信することを特徴とする請求項 17 記載の劣化診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は電気・電子部品を実装した実装基板の劣化・故障診断方法および装置に関わり、特に、故障診断にも適用可能な劣化診断方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 電気・電子部品が実装された各種の実装基板の劣化を、その動作状態において診断する技術はこれまでのところでは実用化されていない。実装基板の劣化の原因は実装部品の劣化であり、部品単独では、その電気的特性低下や部品材料の構造劣化（半導体デバイスではアルミ配線腐食、マイグレーション、ボイドなど）で劣化状態を検出できる。しかし、基板回路に実装された状態では、部品個々の電気的特性や構造劣化を検出することはできない。また、実装基板の入出力特性が唯一計測可能であるが、複数部品が実装され回路構成が作られているので、個々の部品劣化の影響が回路出力にどの

ように現れるか解析が困難である。

【0003】 さらに、部品劣化は部品仕様規格内で動作していれば故障（又は異常）ではなく、回路出力の変動に与える影響は少ない。特にデジタル回路では 0、1 の動作であるため、少々の劣化により動作電圧余裕が変動しても 0、1 の出力（反転）には影響がない。また、実装基板の回路制御の補償機能により、部品劣化の影響が吸収され、出力変動としては現れにくい。さらに、劣化による実装基板の表面温度（個々の部品表面温度）変化で劣化現象を高感度に検出する有効な技術がない。

【0004】 他方、実装基板の故障検出に関しては、部品故障が出力特性、基板回路動作に直接影響を与えるので、実装基板の入出力特性の観察により容易である。しかし、故障箇所（故障部品）を特定しようとする、実装基板から部品を取り外し、一個一個検査しないと故障部品を特定できない。そこで、実装状態のまま、故障部品を特定するために、実装表面温度を赤外線カメラ等により計測し、故障が高い発熱で現れる部品を正常時の実装表面温度データと比較して特定する方法が実施されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記の実装表面温度を赤外線カメラ等により計測する方法は、定常状態の温度分布を比較するが、定常状態では、自己発熱の大きさが異なる部品混合による温度の平均化、故障部品の影響で正常部品も大きく発熱してしまうなどの現象があり、正確な故障部品の検出には難点がある。

【0006】 そこで本発明は、自己発熱の大きさが異なる部品混合による温度の平均化、故障部品の影響で正常部品も大きく発熱してしまうなどの現象に左右されることなく、実装基板の表面温度から基板の劣化診断、故障箇所の正確な特定を可能とする劣化診断方法および装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の劣化診断方法は、電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面の温度分布を計測・画像化した昇温画像データを出力する温度画像計測手段と、この温度画像計測手段により前記実装基板を異なる時期において計測・画像化し、出力された前記昇温画像データを昇温画像データベースに格納する手段と、この手段により前記昇温画像データベースに格納された前記昇温画像データの内の、前記実装基板の経年使用上、最も過去の昇温画像データを基準昇温画像データとして、前記昇温画像データと比較し、両者の間の温度分布変化量を計算する手段と、この温度分布変化量計算手段により得られた温度分布変化量を予め設定されたしきい値と比較し、前記温度分布変化量が前記しきい値を越えた場合、「劣化

あり」と判定する劣化判定手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0008】また、本発明の劣化診断装置は、電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面の温度分布を計測・画像化した昇温画像データを出力する温度画像計測手段と、この温度画像計測手段により前記実装基板を異なる時期において計測・画像化し、出力された前記昇温画像データを格納する昇温画像データベースと、この昇温画像データベースに格納された前記昇温画像データの内の、前記実装基板の経年使用上、最も過去の昇温画像データを基準昇温画像データとして、前記昇温画像データと比較し、両者の間の温度分布変化量を計算する手段と、この温度分布変化量計算手段により得られた温度分布変化量を予め設定されたしきい値と比較し、前記温度分布変化量が前記しきい値を越えた場合、「劣化あり」と判定する劣化判定手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0009】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、前記所定のサンプリング時点のうちの同一サンプリング時点における前記基準昇温画像データと前記昇温画像データとの間の変化量を計算することを特徴とするものである。

【0010】また、本発明の劣化診断装置においては、前記実装基板の劣化診断装置はさらに、前記昇温画像データおよび基準昇温画像データをそれぞれ画像分割する画像分割手段と、この画像分割手段によりそれぞれ分割された前記基準昇温画像データおよび前記昇温画像データがそれぞれ前記温度分布変化量計算手段に供給する手段とを備え、前記温度分布変化量計算手段は前記分割された基準昇温画像データおよび昇温画像データの同一分割領域、同一サンプリング時点における両温度画像間の温度分布変化量を各々計算することを特徴とするものである。

【0011】また、本発明の劣化診断装置においては、前記劣化判定手段は、前記全ての分割領域に少なくとも一カ所以上で「劣化あり」と判定された場合、「劣化あり」と判定された分割領域の位置情報をマップ作成手段へ出力し、このマップ作成手段は前記実装基板の可視画像に前記分割領域の位置情報を重ね合わせて表示することを特徴とするものである。

【0012】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、同一サンプリング時点における前記基準昇温画像データの分割温度画像の累積濃度値と診断時に計測・画像化した前記昇温画像データの分割温度画像と同一分割領域の分割温度画像の累積濃度値との差分を前記分割温度画像間の温度分布変化量として計算することを特徴とするものである。

【0013】また、本発明の劣化診断装置においては、

前記温度分布変化量計算手段は、前記同一サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同一分割領域内の同一座標における前記診断時に計測・画像化した昇温画像の画素濃度値を差分計算するとともに、この差分計算を前記同一分割領域内の全画素に対して計算し、得られた各差分値の2乗和平均を前記分割温度画像間の温度分布変化量とすることを特徴とするものである。

【0014】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、前記同一サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同一の分割領域における前記診断時に計測・画像化した昇温画像データの分割温度画像との相互相関係数を前記分割温度画像の温度分布変化量として出力することを特徴とするものである。

【0015】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、前記同一サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同一の分割領域における前記診断時に計測・画像化した昇温画像データの分割温度画像とのフラクタル次元を計算するとともに、これらの分割温度画像間のフラクタル次元の差分値を前記分割温度画像間の温度分布変化量とすることを特徴とするものである。

【0016】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、前記同サンプリング時点における基準昇温画像データの分割温度画像およびこの分割温度画像と同分割領域における前記診断時に計測・画像化した昇温画像データの分割温度画像における代表点温度またはピーク温度値間の差分値を計算し、この差分値を前記分割温度画像間の温度分布変化量とすることを特徴とするものである。

【0017】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域での前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データがそれぞれ示す昇温時間に対する昇温変化の傾向である昇温特性の特徴を定量化し、これらの定量化値間の差分値である昇温特性変化量を温度分布変化量として出力することを特徴とするものである。

【0018】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データの代表点が示す、昇温時間に対する昇温データの立ち上がり付近の角度である昇温変化率を計算し、これらの昇温変化率の差分値を昇温特性変化量として出力することを特徴とするものである。

【0019】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データがサンプリング毎に逐次示す、昇温時

間に対する累積濃度値の立ち上がり付近の角度である累積濃度変化率を計算し、これらの累積濃度変化率の差分値を昇温特性変化量として出力することを特徴とするものである。

【0020】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データがサンプリング毎に逐次示す、昇温時間に対するフラクタル次元データの立ち上がり付近の角度であるフラクタル次元変化率を計算し、これらのフラクタル次元変化率の差分値を昇温特性の変化量として出力することを特徴とするものである。

【0021】また、本発明の劣化診断装置においては、前記温度分布変化量計算手段は、同一分割領域における前記基準昇温画像データおよび診断時に計測・画像化した昇温画像データ間の相互相関係数がサンプリング毎に逐次示す、昇温時間に対する立ち上がり付近の角度である相関変化率を計算し、これらの相関変化率の差分値を昇温特性の変化量として出力することを特徴とするものである。

【0022】また、本発明の劣化診断装置は、電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間において、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面から放射される赤外線を2次元走査して昇温画像データを出力する赤外線温度カメラと、前記実装基板の周囲温度を検出する温度検出器と、この温度検出器で検出した周囲温度データおよび前記赤外線温度カメラで計測した温度値との差分値である昇温度を計算する差分手段と、この差分手段で計算した前記差分温度を入力し、この差分温度を濃淡値に変換して2次元配列の温度画像データを得る濃淡画像化手段と、この濃淡画像化手段で画像化した温度画像データを一時格納するバッファと、前記濃淡画像化手段から温度画像データが入力され、このデータの全画素の濃淡値を合計した累積濃度値を各サンプリング時点で算出するとともに、隣接するサンプリング時点で計測・画像化した温度画像の累積濃度値の差分を計算し、この差分値が連続して予め設定した上下限値の範囲に入った時点で、前記赤外線温度カメラに計測停止指示信号を出力するとともに前記バッファに動作指示信号を供給する入力制御手段とを備え、この入力制御手段から供給される前記動作指示信号の入力で動作し、前記バッファに格納された昇温画像データを取り出し、外部へ出力することを特徴とするものである。

【0023】また、本発明の劣化診断装置は、遠隔地の計測・診断端末装置と、診断ホストセンタ装置と、これらを相互に接続する通信回線網を備え、前記遠隔地の計測・診断端末装置は、電気・電子部品を実装した実装基板に、一定の入出力条件下で電源を投入後、前記実装基板の実装表面温度が定常状態になるまでの時間におい

て、所定のサンプリング時点毎に前記実装表面から放射される赤外線を2次元走査して昇温画像データを出力する赤外線温度カメラと、前記実装基板の周囲温度を検出する温度検出器と、この温度検出器で検出した周囲温度データおよび前記赤外線温度カメラで計測した温度値との差分値である昇温度を計算する差分手段と、この差分手段で計算した前記差分温度を入力し、この差分温度を濃淡値に変換して2次元配列の濃淡画像化手段と、この濃淡画像化手段で画像化した昇温画像データを一時格納するバッファと、前記濃淡画像化手段から昇温画像データが入力され、このデータの全画素の濃淡値を合計した累積濃度値を各サンプリング時点で算出するとともに、隣接するサンプリング時点で計測・画像化した昇温画像の累積濃度値の差分を計算し、この差分値が連続して予め設定した上下限値の範囲に入った時点で、前記赤外線温度カメラに計測停止指示信号を出力するとともに前記バッファに動作指示信号を供給する入力制御手段と、この入力制御手段から供給される前記動作指示信号の入力で動作し、前記バッファに格納された昇温画像データを取り出し、前記通信回線網を介して前記診断ホストセンタ装置との間でデータ送受信を行う端末側通信制御手段と、この通信制御手段が前記通信回線網を介して前記診断ホストセンタから受信した診断結果データが供給される出力制御手段と、この出力制御手段によりその出力が制御されるデータ表示装置とを備え、前記診断ホストセンタ装置は、前記遠隔地の計測・診断端末装置からの出力データである前記昇温画像データを通信回線網を介して受信し、前記診断結果を前記遠隔地の計測・診断端末装置へ送信するホスト側通信制御手段と、このホスト側通信制御手段により受信された前記昇温画像データが供給され、このデータを格納する温度画像データベースと、この昇温画像データベースに格納された前記温度画像データの内、前記実装基板の経年使用上、最も過去の昇温画像データを基準昇温画像データとして、前記昇温画像データと比較し、両者の間の温度分布変化量を計算する手段と、この温度分布変化量計算手段により得られた温度分布変化量を予め設定されたしきい値と比較し、前記温度分布変化量が前記しきい値を越えた場合、「劣化あり」と判定する劣化判定手段と、この劣化判定手段により判定された結果を前記ホスト側データ送受信手段に出力する通信制御手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0024】また、本発明の劣化診断装置においては、前記診断ホストセンタ装置はさらに、前記昇温画像データおよび基準昇温画像データをそれぞれ画像分割し、前記温度分布変化量計算手段に供給する画像分割手段と、前記温度分布変化量計算手段により計算された結果を格納するトレンドデータベースと、このトレンドデータベースに格納されている前記温度分布変化量の最小二乗近似により劣化判定しきい値に達する予測時間を計算し、

この予測時間が許容範囲になれば「劣化兆候あり」と評価するトレンド評価手段とを備え、前記温度分布変化量計算手段は、前記画像分割手段によりそれぞれ分割された前記基準昇温画像データおよび前記昇温画像データがそれぞれ供給され、前記分割された基準昇温画像データおよび昇温画像データの同一分割領域、同一サンプリング時点における両温度画像間の温度分布変化量を各々計算し、また、前記ホスト側通信制御手段は前記トレンド評価手段の評価結果を前記劣化判定手の判定結果とともに前記遠隔地の計測・診断端末装置へ送信することを特徴とするものである。

#### 【0025】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施例を図面に基いて詳細に説明する。図1は本発明の電気・電子部品用実装基板の劣化診断装置の一実施例を示す機能ブロック図である。

【0026】実装基板10は電気・電子部品が実装されたプリント基板であり、この基板に一定の入出力条件下で電源投入後、実装表面から赤外線10aが放射される。この赤外線aは、実装基板10の実装表面温度変化が定常状態になるまでの時間、赤外線温度カメラ11により2次元走査により集光され、集光された赤外線放射エネルギーは電圧信号に変換される。赤外線温度カメラ11の出力側には、変換された電圧信号をさらに電圧-温度特性から再変換された実装基板10表面の2次元座標上の各座標点(画素)の温度値情報bが出力情報として取り出される。赤外線温度カメラ11は、また、実装基板10の全表面の2次元走査を、あらかじめ設定されたサンプリング周期で繰り返し、後述する計測停止指示信号が供給されたとき、その2次元走査を停止する。赤外線温度カメラ11の出力情報である温度値情報bは差分演算手段12に供給される。差分演算手段12には、また、実装基板10の周囲温度を検出する温度検出器13の出力情報cが供給され、これらの差分が演算され、その結果を昇温度情報dとして出力する。

【0027】差分演算手段12の差分温度情報である昇温度情報dは、濃淡画像化手段14に供給され、ここで昇温度情報dは256階調の濃淡値に変換される。したがって濃淡画像化手段14の出力側には、256階調の濃淡値が2次元配列された温度画像データeが得られる。濃淡画像化手段14の出力はその温度画像データeを一時的に格納するバッファ15と入力制御手段16に供給される。入力制御手段16は、供給された温度画像データeを用い、赤外線温度カメラ11による1回の2次元走査により得られる全画素の濃淡値を合計した累積濃度値を算出する。この累積濃度値は、あらかじめ設定されたサンプリング周期で繰り返される赤外線温度カメラ11による2次元走査毎に算出され、1周期前のサンプリング時点に得られた温度画像データeの累積濃度値との差分が演算される。入力制御手段16はこの累積濃度値

の差分演算を、温度画像データeの入力毎に行い、その結果得られる累積濃度値の差分が連続してあらかじめ設定された上下限値の範囲内に入った時点で、赤外線温度カメラ11に計測停止指示信号fを出力する。入力制御手段16は、また、計測停止指示信号fと同時に動作指示信号gをバッファ制御手段17に出力する。バッファ制御手段17は動作指示信号gが供給されると、バッファ15に格納された各サンプリング周期毎に得られた一連の温度画像データeである昇温画像データhを取り出し、これを昇温画像データベース18に格納する。

【0028】上述した赤外線温度カメラ11による実装基板10表面の計測・画像化は、例えば3カ月毎のように、所定の使用期間経過毎に行われ、得られた昇温画像データhは経年使用データとして、昇温画像データベース18に格納される。

【0029】赤外線温度カメラ11による実装基板10表面の1回の計測・画像化により得られる一連の温度画像データeである昇温画像データhは、入力制御手段16の動作指示信号gにより、画像分割手段19に供給される。この画像分割手段19には、また、昇温画像データベース18に格納された昇温画像データhの中の、実装基板0の経年使用上、最も過去の昇温画像データである基準昇温画像データiが入力される。

【0030】画像分割手段19は入力された昇温画像データhおよび基準昇温画像データiをそれぞれ実装基板10表面に想定される複数のマトリクス領域に分割し、対応するサンプリング時点における対応する分割領域に属する昇温画像データhおよび基準昇温画像データiからなる温度分割画像jを分割領域毎に順次出力し、温度分布変化量計算手段20に供給する。温度分布変化量計算手段20は順次供給される温度分割画像jに対し、温度分割画像jに含まれる昇温画像データhおよび基準昇温画像データiの対応する画素間の濃淡値の差分である温度分布変化量データkを演算し、これを劣化判定手段21に供給する。

【0031】劣化判定手段21は、入力された温度分布変化量kをあらかじめ設定されたしきい値と比較し、設定しきい値以上のデータkが属する分割領域に対応する実装基板10表面の実装部品を「劣化あり」と判定し、前記設定しきい値未満のデータkが属する分割領域の実装部品を「劣化なし」と判定し、これらの結果を判定結果情報1として出力する。各分割領域において、劣化判定手段21が少なくとも1つの「劣化あり」との判定結果情報1を出力した場合、「劣化あり」と判定された分割領域の位置情報mをマップ作成手段22へ出力する。このマップ作成手段22には、また、実装基板10の可視画像を格納した可視画像データベース23からの可視画像データnが入力され、実装基板10の可視画像上の位置情報mに対応する分割領域がマップ表示されたマップ表示画像データoが作成され、出力される。



【0032】以上のように構成した実施例の作用を図2により説明する。

【0033】実装基盤10は電源投入から実装部品の発熱により昇温し、ある時間経過後定常温度（正確には2次元であるので、定常温度分布）に達する。すなわち、電源投入（電圧印加）による直流バイアス電流が部品に流れ、その消費（損失）電力に相当する熱量が発生し部品が昇温する。電源電圧以外にも入力信号のパターンや負荷電流による消費電力が加わると、さらに熱量は多くなる。したがって本実施例においては、電源電圧、入力信号パターン、負荷電流などの入出力条件を一定に決め、その条件下での温度分布変化を診断することにする。

【0034】図1に示した赤外線温度カメラ11は前述したように、実装基板10の実装表面温度を計測する。すなわち、赤外線温度カメラ11は水平、垂直方向に動くレンズ機構（図示せず）により2次元走査を行い、実装表面の放射赤外線aを集光する（ステップS1）。赤外線温度カメラ11はその2次元走査の各走査点において、赤外線のある波長帯での強度（放射エネルギー）を起電力（温度信号電圧）に変換する。そして、温度と温度信号電圧の特性から温度値を換算し、放射率により前記温度値を補正して温度の絶対値bを決める。これにより実装表面の温度分布bが計測できたことになる。以上の計測は図5に示すように、あらかじめ設定したサンプリング周期t<sub>SA</sub>で逐次計測する（ステップS2）。

【0035】図1の差分演算手段12では、この温度分布データbが入力され、この温度分布bの周囲温度cの

$$D = [\theta \times d], \quad \theta = 255 / 100 = 2.55 \quad (3)$$

但し、Dは濃淡値、 $\theta$ は変換係数、dは昇温度（℃）、 $[\ ]$ はガウス記号を示す。（3）式で得られる濃淡値Dを2次元配列データとして、図1のバッファ15にファイルにする。図4はそのデータファイルの様子を図4に示す。実装基盤10の実装表面10SにX-Y軸座標系を設定し、赤外線温度カメラ11の2次元走査解像度と同様の解像度を座標格子間隔とする。座標点（同図中の黒丸点）が画像の画素点となり、その画素値が濃淡値Dである。実装表面10Sの濃淡値Dはこの座標配列で1個のデータファイルとして扱われる。以下ではこのデータファイルを濃淡画像または温度画像と呼ぶ（ステップS4）。

【0041】濃淡画像化手段14は濃淡画像である温度画像データeをバッファ15に格納するとともに、入力制御手段16にも出力する。バッファ15は温度画像を

$$x=M-1 \quad y=N-1$$

$$TD = \sum_{X=0} \sum_{Y=0} E[X, Y] \quad (4)$$

但し、E[X, Y]は温度画像データeの座標（x、y）における濃淡値、MはX軸（水平軸）方向の画素数、NはY軸（垂直軸）方向の画素数である。

影響を除去するため、次式により昇温度dを求める演算を実行する。

【0036】

$$d = b - c \quad (1)$$

すなわち、実装表面の温度は周囲温度で変化するが、実装部品から外気への移動熱量が同じ場合、その実装表面の昇温度も同じである。これは、熱伝達が次式で与えられることから、熱量Qが同じ場合、熱伝達率h<sub>a</sub>、表面積Aが一定であるため、昇温度dも同じになることがわかる。

【0037】

$$Q = h_a \times A \times d \quad (2)$$

以上より周囲温度cに依存しない実装部品の発熱を特徴付ける物理量として昇温度dを使用する。周囲温度cは実装基板10の周囲温度であり、温度検出器13により検出する。

【0038】温度検出器13は熱電対回路と読み取り装置で構成する。読み取り装置は熱電対回路の出力電圧を使用熱電対に対する熱起電力の温度特性から温度値cに変換し、差分演算手段12へ出力する（ステップS3）。

【0039】濃淡画像化手段14は2次元分布上の各昇温度dを入力とし、昇温度dを濃淡値に変換する。この濃淡値は濃淡デジタル画像の画素値である。本実施例では、256階調の濃淡値で温度画像を表現する。変換方法を図3に示す。図3は一例であるが、昇温度上限を100℃と設定した場合、次式で変換できる。

【0040】

一時格納するメモリRAMである（ステップS5）。

【0042】入力制御手段16は温度画像データeが入力され、実装基盤10の実装表面の温度上昇である昇温度dが定常状態になったかどうか判別し、定常状態と判別すれば赤外線温度カメラ11による計測を停止する。この動作を図5に基づき説明する。入力制御手段16に濃淡画像化手段14から温度画像データeを入力すると、まず温度画像データeの累積濃度値TDを計数する。ここで、累積濃度値TDを、温度画像における昇温度を表す濃淡画素値を全画素について合計した総濃淡値と定義する。

【0043】この定義に基づき、累積濃度値TDは次式で計算する。

【0044】

【0045】赤外線温度カメラ11は実装基盤10の表面温度をサンプリング周期t<sub>SA</sub>で繰り返し計測する。したがって図5に示されるように、サンプリング周期t<sub>SA</sub>

間隔の「温度上昇する実装表面 10 S の温度画像」(e1、e2、…) が得られる。同図はまた、実装表面 10 S が温度上昇を継続する昇温時間  $t_A$  とサンプリング周期  $t_{SA}$  間隔で得られる温度画像 (e1、e2、…)、及びその画像データから計算した累積濃度値  $T_D$  の変化の様子、すなわち、累積濃度変化の過渡応答を示している。

【0046】入力制御手段 16 は、各サンプリング時点  

$$\Delta T_D [2] = T_D 2 - T_D 1$$

但し、 $T_D 1$  および  $T_D 2$  はそれぞれサンプリング時点  $t_{A1}$ 、 $t_{A2}$  で得られた温度画像データ e1 および e2 の累積濃度値である (ステップ S6)。そして累積濃度変化量を各サンプリング時点で逐次計算し、次式の論理積

$$(\text{しきい値} > |\Delta T_D [u]|) \text{ AND } (u = z, z+1, z+2, \dots, z+Mu-1)$$

(6)

但し、 $|\Delta T_D [u]|$  はサンプリング時点  $t_{Au}$ 、 $t_{Au-1}$  間の温度画像の累積濃度変化量、 $u$ 、 $z$  は任意の整数、 $Mu$  は連続して  $|\Delta T_D [u]|$  がしきい値内に入る回数である。すなわち、(6) 式は入力制御手段 16 で逐次計算した累積濃度変化量が設定したしきい値上下限範囲内に連続して  $Mu$  回入れば実装表面 10 S の 2 次元分布する各昇温度が定常状態と判別することを意味している。この (6) 式が真となると、入力制御手段 16 は計測停止指示信号  $f$  を赤外線温度カメラ 11 に出力する。赤外線温度カメラ 11 は信号  $f$  を受け取ると計測を停止する (ステップ S7)。

【0049】以上のステップ S1-S7 (プロセス P1) は、実装表面 10 S が定常状態になるまで繰り返し実行される。

【0050】さらに、(6) 式が真となると、入力制御手段 16 はバッファ制御手段 17 に動作指示信号  $g$  を出力する。バッファ制御手段 17 は信号  $g$  が入力されると、バッファ 15 に一時格納された昇温画像データ  $h$  (実装表面 10 S が定常温度分布に達するまでに計測・画像化した全温度画像データ) を取り出し、これを画像分割手段 19 と昇温画像データベース 18 に出力する。このようにバッファ制御手段 17 は入力制御手段 16 からの動作命令を受けてデータの流れを制御するゲート機能を実現している (ステップ S8)。

【0051】画像分割手段 19 はバッファ制御手段 17 から昇温画像データ  $h$  が入力されると同時に、実装基板 10 の経年使用上、最も過去に計測した基準昇温画像データ  $i$  を昇温画像データベース 18 から取り出し、入力される。基準昇温画像データ  $i$  として、実装基板 10 の経年使用上最も過去に計測した昇温画像データを基準にする理由は、劣化の程度がもっとも小さい状態時の実装基板 10 の昇温画像データと現在の昇温画像データを比較することにより、劣化進行の程度が感度よく検出できるためである。しかし、経年上未使用時の実装基板 10 の昇温画像データが得られているならば、この未使用時

で計測・画像化された温度画像データ  $e$  の累積濃度値  $T_D$  を計算し、1 周期前のサンプリング時点の温度画像データ  $e$  に対して計算した累積濃度値  $T_D$  との差分 (変化量) を逐次計算する。そしてこの変化量が設定したしきい値の上下限範囲内に入れば実装表面 10 S の昇温度  $d$  が定常状態であると判別する。

【0047】いま、図 5 において、サンプリング時点  $t_{A1}$ 、 $t_{A2}$  における前記累積濃度変化量  $\Delta T_D [2]$  は、  
 (5)

条件が真となれば実装表面 10 S の昇温度は定常と判別する。

【0048】

の昇温画像データを基準とすることにより、もっとも高い劣化検出感度を得られることは、いうまでもない (ステップ S9)。

【0052】画像分割手段 19 は昇温画像データ  $h$  の全温度画像と基準昇温画像データ  $i$  の全温度画像を同じ分割数、分割領域で分割するが、この様子を図 6 に示す。図 6 は実装基板 10 の実装表面 10 S の温度分布を示す概略図で、図 TBO は Z 軸方向が温度値を表す 3 次元座標に濃淡値の分布を示し、また、図 TMB は温度分布を等温線で表示した鳥瞰図である。これらの図では、温度分布はそれぞれ 16 分割されている。任意の分割領域 MB の座標点は P11、P12、P13、P14 である。ここでは 16 分割であるが分割数は実装基板 10 の実装密度に比例して他の分割数に設定してもよいことはいうまでもない。

【0053】画像分割手段 19 は分割温度画像データ  $j$  を温度分布変化量計算手段 20 へ出力する (ステップ S10)。

【0054】温度分布変化量計算手段 20 は、画像分割手段 19 から入力された分割温度画像  $j$  に含まれる昇温画像データ  $h$  と基準昇温画像データ  $i$  に対して同じ分割領域、同じサンプリング時点の分割温度画像間の温度分布変化量を計算する。ここで、2 枚の分割温度画像間で「温度分布の特徴がどのように異なるか」を定量化したものが温度分布変化量である。温度分布の特徴には温度分布の分布形状と温度の大きさがある。したがって温度分布の特徴を定量化し、その定量化値の差分を温度分布変化量とする。図 7 によりこの温度分布変化量を説明する。

【0055】図 7 は実装基板 10 の例えば数か月の間隔で選定された期日  $t_{B1}$  ~  $t_{B3}$  において実装基板 10 を計測・画像化 (以下では診断という。) して得られた昇温画像データ  $FB1$  ~  $FB3$  を示す図である。ここで、基準昇温画像データを  $FB1$  とすると、昇温画像データ  $FB2$ 、 $FB3$  は  $FB1$  と比較され、温度分布変化量が計

算される。

【0056】また、図中のIB11～IB35は実装基板10における同じ分割領域の温度画像すなわち分割温度画像であり、昇温画像データFB1～FB3の分割温度画像である。これらはまた、昇温時間 $t_{A1}$ ～ $t_{A5}$ のサンプリング時に得られた分割温度画像である。分割温度画像IB11～IB35は、また、累積濃度値TDと昇温時間 $t_A$ のグラフ上に示されている。

【0057】ここで、基準昇温画像データFB1と同じ分割領域、同じサンプリング時の分割温度画像間の温度分布変化量を計算する。例えば、昇温時間 $t_{A1}$ のサンプリング時において、昇温画像データFB2の分割温度画像IB21では、基準昇温画像データFB1の分割温度画像IB11との温度分布変化量C1を計算する。また、昇温画像データFB3の分割温度画像IB31では、基準昇温画像データFB1の分割温度画像IB11との温度分布変化量C2を計算する。これを各昇温時間 $t_{A1}$ ～ $t_{A5}$ について同様に計算する。

【0058】図8は以上の計算により得られる結果を、表RSとして示す図である。同図においては、診断日 $t_{B2}$ において計算した昇温画像データFB2と基準昇温画像データFB1間の全分割領域に対する温度分布変化量を示している。すなわち、B1は診断日 $t_{B1}$ まで使用した実装基板10、または、経年使用してない実装基板10の温度画像を表し、これらの実装基板10を、さらに、診断日 $t_{B1}$ から診断日 $t_{B2}$ まで経年使用した状態の温度画像をB2で表している。

【0059】さらに、温度画像B1、B2には、それぞれ

$$C[u, v] - |TD[u, v] - TD_s[u, v]| \quad (7)$$

但し、 $TD[u, v]$ は診断時のサンプリング時点 $t_{Av}$ 、分割領域MB[v]の分割温度画像の累積濃度値TD、 $TD_s[u, v]$ は基準昇温画像データのサンプリング時点 $t_{Av}$ 、分割領域MB[v]の分割温度画像の累積濃度値TD、そして||は絶対値である。

【0064】また、類似の方法として画像間の同一座標

$$C[u, v] = \frac{1}{M \times N} \left\{ \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (F[u, v][x, y] - G[u, v][x, y])^2 \right\} \quad (8)$$

但し、 $F[u, v][x, y]$ は基準昇温画像データのサンプリング時点 $t_{Au}$ 、分割領域MB[v]における座標(x, y)の濃淡値、 $G[u, v][x, y]$ は診断時のサンプリング時点 $t_{Au}$ 、分割領域MB[v]における座標(x, y)の濃淡値であり、図8の分割数16を例にすると $v=1 \sim 16$ である。また、Mは分割領域MB[v]の分割温度画像の水平画素数であり、Nは分割領域MB[v]の分割温度画像の垂直画素数である。

れ16分割された分割領域MB[1]～MB[16]が示されている。いま温度画像B1、B2がサンプリング時 $t_{A2}$ の温度画像とすると、例えば分割領域MB[12]の分割温度画像IB12、IB22に対し温度分布変化量がC[2, 12]であるとする、表RSの列 $t_{A2}$ 、行MB[12]の要素にC[2, 1]が入る。

【0060】以上のように分割領域MB[1]～MB[16]、昇温時間 $t_{A1}$ ～ $t_{A5}$ について温度分布変化量C[u, v] ( $u=1 \sim 5, v=1 \sim 16$ )を計算する。その結果を表にまとめると表RSになる。この結果RSは診断日毎に計算される(ステップS11)。

【0061】次に、温度分布変化量の計算方法を4つの具体例で述べる。温度分布変化量は基準昇温画像データiと診断時の昇温画像データhにおいて、同じサンプリング時、同じ分割領域の分割温度画像間の温度分布変化量である。なお、以下の説明で表RSに示す行要素u(サンプリング時点 $t_{Au}$ )と列要素v(分割領域MB[v])のマトリックス位置を2次元配列[u, v]で表記する。

【0062】<温度分布変化量の計算具体例1>この具体例1においては、累積濃度値TDを利用する。累積濃度値TDは実装表面10Sから放射される熱量の総和を代替(又は比例する)するものである。言い換えると累積濃度値TDは全濃淡値の総和であるので、温度分布の温度レベルの総和と言える。この累積濃度値TDを温度分布の定量値に採用する。よって温度分布変化量C

[u, v]は次式で計算する。

【0063】

の画素濃淡値を差分し、これを全画素で同様に計算し、それら差分値の2乗和の平均(2乗平均)を温度分布変化量としても良い。これを次式に示す。

【0065】

【数1】

【0066】なお、この方法は、(7)式による方法に比較してよりは温度変化検出感度は低くなる。

【0067】<温度分布変化量の計算具体例2>分割画像間の相互相関係数を温度分布変化量とする。相互相関係数r[u, v]は次式で計算できる。

【0068】

【数2】

$$r[u, v] = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (F[u, v][x, y] - \bar{F}) \times (G[u, v][x, y] - \bar{G})}{\sqrt{F[u, v]\sigma \times G[u, v]\sigma}}$$

但し、 $\bar{F} = \bar{F}[u, v] = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} F[u, v][x, y]$

$\bar{G} = \bar{G}[u, v] = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} G[u, v][x, y]$

$F[u, v]\sigma = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (F[u, v][x, y] - \bar{F})^2$

$G[u, v]\sigma = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (G[u, v][x, y] - \bar{G})^2$

(9)

ここで、 $r[u, v]$  は画像  $F[u, v]$  と画像  $G[u, v]$  間の相互相関係数、 $F[u, v][x, y]$  は基準昇温画像データのサンプリング時点  $t_{Au}$  分割領域  $MB[v]$  における分割温度画像  $F[u, v]$  の座標  $(x, y)$  の濃淡値  $G[u, v][x, y]$  は診断時のサンプリング時点  $t_{Au}$ 、分割領域  $MB[v]$  における分割温度画像  $G[u, v]$  の座標  $(x, y)$  の濃淡値であり、図 8 図の分割数 16 を例にすると  $v=1 \sim 16$  である。また、 $M$  は分割領域  $MB[v]$  の分割温度画像の水平画素数、 $N$  は分割領域  $MB[v]$  の分割温度画像の垂直画素数である。

【0069】相互相関係数は温度濃淡画像の代わりに、温度分布の等温線図を利用する方法もある。等温線図は温度分布形状を表すので、この等温線図の画像間の相互相関係数が形状変化の定量値と考えられる。この相互相関係数を温度分布変化量として扱ってもよい。等温線図は図 6 の TMB に示した。等温線図は濃淡画像でなく、

$$N(rp) \times rp^H = CN,$$

ただし、 $CN$  は定数 (10) が成立する  $H$  を求める。この  $H$  がフラクタル次元と呼ばれている。

【0072】水平  $rp$  画素、垂直  $rp$  画素の正方形領域

$$n(rp) = \text{floor} \left\{ \frac{\text{MAX}(f_D[x]) - \text{MIN}(f_D[x])}{rp} \right\} + 1 \dots (11)$$

但し、 $\text{floor}\{\}$  は  $\{\}$  内を切り捨て整数化する関数と定義され、 $f_D[x]$  は単位領域 ( $rp \times rp$ ) の四隅の座標 ( $x=1, 2, 3, 4$ ) であり、 $\text{MAX}$  は 4 点  $f_D[x]$  の濃淡値の最大値、 $\text{MIN}$  は 4 点  $f_D[x]$  の濃淡値の最小値である。

2 値化画像 (濃淡 2 色の画像で、通常、黒と白で構成) である。この等温線図は図 6 の温度分布の鳥瞰図 TBO を一定の温度 (濃淡) 間隔で平面上のスライスすることにより、鳥瞰図と平面の切り口線を等温線 (黒) とした図である。

【0070】<温度分布変化量の計算具体例 3> 画像のフラクタル次元で温度分布を定量化し、画像間のフラクタル次元の差を温度分布変化量とする方法を述べる。フラクタル次元は図形の複雑さを表現する指標である。画像に適用するならば、画像濃淡曲面 (図 6 の鳥瞰図で示される曲面) の起伏の複雑さを表す特徴量となる。よって、温度画像が示す温度分布 (濃淡曲面) の形状の定量値として扱える。フラクタル次元は以下のように計算できる。

【0071】画像濃淡曲面を一辺の画素間隔が  $rp$  画素の立方体で被覆する場合に必要な個数を  $N(rp)$  個とすると、スケール  $rp$  によらず、

$$(10)$$

を単位領域とすると、画像上でこの単位領域上の濃淡曲面を被覆するのに必要な画素間隔  $rp$  の立方体の個数を  $n(rp)$  とすると、

【数 3】

【0073】いま、画像面積  $S$  内のすべての単位領域で上記  $n(rp)$  を計算し、その平均値  $n(rp)$  により、 $N(rp)$  が次式で計算される。

【0074】

【数 4】

$$N(r_p) = n(r_p) \times S / r_p^2 \quad \dots\dots(12)$$

また、(10)式の両辺の対数をとると、

【数5】

$$\log_{10} N(r_p) = -H \log_{10} r_p + CN1 \quad \dots\dots(13)$$

但し、 $CN1 \equiv \log_{10} CN$  で定数

任意のスケール  $r_p$  に対する個数  $N(r_p)$  を計算し、結果  $(\log_{10} r_p, \log_{10} N(r_p))$  のデータをプロットしたグラフから最小二乗法で線形近似すれば、その傾きが  $-H$  の推定値となる。

【0075】フラクタル次元は相互相関係数のところでも述べたように、等温線図にも同様に適用してもよい。

【0076】<温度分布変化量の計算具体例4>分割領域での代表点またはピーク温度点を使用する方法を述べる。分割数が大きい場合、分割領域は小領域になる。このような場合、温度分布変化量は近似的に代表点またはピーク温度点の温度値(濃淡値)の変化量で代用しても十分変化量を捕まえることができる。また、分割を実装

$$L[u, v] - (\text{温度分布変化量}) C[u, v] \leq 0 \quad (14)$$

となる  $C[u, v]$  一個でも存在する場合、分割領域  $M$

$$L[u, v] - (\text{温度分布変化量}) C[u, v] > 0 \quad (15)$$

がすべての  $C[u, v]$  について成立する場合、分割領域  $MB[v]$  に「劣化なし」と判定する。但し、(14)(15)式において、 $V=1 \sim t_N$ 、 $t_N$  はサンプリング回数である。また、しきい値  $L[u, v]$  は分割領域  $MB[v]$  の昇温時間(サンプリング時  $t_A$ )固有の値である。すなわち、図8において表RS中の温度分布変化量  $C[u, v]$ 、( $u=1 \sim 5, v=1 \sim 16$ )を各々固有のしきい値  $L[u, v]$ 、( $u=1 \sim 5, v=1 \sim 16$ )と差分し、差分値の正負により劣化を判定する。

【0078】例えば、表RSに示す温度分布変化量( $C[3, 5]$ 、 $C[4, 5]$ 、 $C[5, 5]$ 、 $C[2, 8]$ )が(14)式を満たし、他の温度分布変化量が(17)式を満たしたとすると、上記判定に従い、分割領域  $MB[5]$ 、 $MB[8]$  で「劣化あり」、他の分割領域では「劣化なし」と判定されることになる。

【0079】ここで、しきい値  $L[u, v]$  の決定方法について説明する。

【0080】実装基板10と同種の実装基板を強制的に劣化させ、本実施例で示した測定方法により、この劣化の前後の実装基板の昇温画像データから温度分布変化量  $Cr[u, v]$  を計算しておく。この温度分布変化量  $Cr[u, v]$  と実装基板10が劣化した場合に示す温度分布変化量  $C[u, v]$  は、これらの基板が同種であるため同じと判断し、温度分布変化量  $Cr[u, v]$  をしきい値  $L[u, v]$  に採用する。上述した強制的に劣化させる手段としては、具体的には実装基板にサージ、過電圧等を故意に印加させることにより劣化状態を模擬する。また、温湿度ストレスによる加速試験で経年劣化さ

基板10の実装部品単位で行う場合、その部品のピーク温度点にだけ着目し、分布情報を切り捨てる方法もある。本計算具体例4は分布の定量化とは言い難いが、温度変化による劣化検出が十分に確保出来る場合、本方法は画像演算時間を大幅に短縮できるメリットがある。

【0077】ステップ11において温度分布変化量が計算された後、図1の劣化判定手段21には温度分布変化量( $k$ )が入力され、ここでしきい値比較により劣化があるかどうか判定される。すなわち、分割領域  $MB[v]$  (但し、 $v=1 \sim M_N$ 、 $M_N$  は分割数)において、しきい値  $L[u, v]$  に対し、

$B[v]$  に「劣化あり」と判定し、

せてもよい。また、強制的に劣化させる実装基板には、できるだけ実装基板10と同じ使用状態(経年使用時間、使用環境)のものを使う。実装基板10を搭載した装置が複数台、工場や電力設備で稼働しているようなケースでは、実装基板10と同じ使用状態の同種基板を装置から取り出し入手できる。

【0081】図1の劣化判定手段21では、(14)、(15)式で分割領域に一カ所でも「劣化あり」と判定すると、「実装基板10に劣化あり」との結果を、また、そうでない場合、「実装基板10に劣化なし」との2値の結果(1)を外へ出力する。また、劣化がある場合、劣化のある分割領域の位置情報( $m$ )をマップ作成手段22へ出力する(ステップS12、13)。

【0082】マップ作成手段22は劣化のある分割領域の箇所情報( $m$ )の入力で動作し、実装基板10の可視画像( $n$ )を可視画像データベース23から取り出す。可視画像データベース23は本実施例の診断対象となる実装基板10のすべての可視画像(光学写真像)を格納している(ステップS14)。マップ作成手段22は「劣化あり」と判定された分割領域と同じ可視画像の領域にマークを図示する。領域のマークは輪線でも、領域を別色で重ね合わせ表示してもよい(ステップS15)。マップ作成手段22は劣化領域をマークした可視画像( $o$ )を外へ出力する。

【0083】以上のプロセスにより、実装基板10に劣化が認められるかどうかの判定(1)と劣化がある場合に劣化領域をマークした可視画像( $o$ )が診断結果として得られる(ステップS16)。

【0084】以上説明した実施例によれば、実装基板の

昇温時の温度画像を画像分割してそれらの個々を劣化評価するので、劣化領域の特定が可能になる。また、実装基板の全昇温過程（温度の過渡応答から定常まで）を劣化評価の対象にするので、定常状態では判断できない部品劣化を感度よく検出できる。

【0085】ここで、定常状態では判断できない部品劣化は例えば、自己発熱の大きな発熱部品（ICではパワートランジスタやパワーオペアンプ、電気部品ではトランスなど）の近くにある部品であり、定常時の発熱部品の高温の影響で劣化による小さな温度変動分が検出できない。実装基板の実装表面温度は電源印加で昇温し、一定値（定常）になるが定常状態では表面全体温度が平均化され、劣化部品を特定することは難しい。しかし、温度の過渡状態（昇温状態）では周囲部品も温度が低いので、周囲の影響が少ない。とくに昇温過程の初段階では、複数部品との実装状態でも、部品一つ一つは他部品とは無関係に昇温していると考えられる。したがって、劣化評価範囲に昇温の過渡状態（動特性）を入れるので、感度の良い劣化検出が可能になる。

【0086】さらに、上記の実施形態によれば、劣化領域が図示された実装基板の可視画像が得られるので、どの実装部品に劣化があるのかビジュアルに理解できる。

【0087】上記の実施形態においては、実装基板表面の温度分布を画像化し、その温度画像を診断データとしているが、画像化を行わず、直接温度分布データ（3次元データ）を診断データとして扱ってもよい。

【0088】図9乃至図13は本発明の他の実施形態である、画像化を行うことなく診断を可能とする診断装置を示す図である。すなわち、上記の実施形態における温度分布変化量計算（ステップS11）では、昇温過程の各時間で計測した温度画像について基準と比較し、その温度分布変化量を各昇温時間（サンプリング時）毎に計算した。これに対し、この実施形態では、昇温過程の特徴を一指標で定量化し、この指標値と基準の指標値の差

$$V \times \rho \times C_p \times \frac{dT_c}{dt} = -h_a \times A \times (T_c - T_a) + P \dots (16)$$

但し、VはパッケージPCの休積、 $\rho$ はパッケージPCの密度、 $C_p$ はパッケージPCの比熱、AはパッケージPCの表面積、 $h_a$ はパッケージPC表面から外気への熱伝達率、Pは単位時間あたりの熱量、 $T_a$ は外気温度

$$\frac{dT_c}{dt} = -\frac{1}{\tau} \times T_c + K \times P \dots (17)$$

$$\text{但し、} \tau = \frac{V \times \rho \times C_p}{h_a \times A}, \quad K = \frac{1}{V \times \rho \times C_p}$$

$$T \equiv T_c - T_a$$

時刻  $t=0$  におけるパッケージ温度  $T_c$  を、 $T_c =$  外気

分（昇温特性変化量と以後呼ぶ）を温度分布変化量の代替量とする。この場合、図8の結果表RSに示すように、1つの分割領域にサンプリング時毎のC[u, v]はなく、1つの分割領域に1つの昇温特性変化量しか存在しない。したがって、以下、昇温特性変化量はQ[v]（MB[v]、 $v=1 \sim M_N$ 、 $M_N$ は分割数）と表す。

【0089】昇温特性変化量は昇温過程の特徴量の変化量である。この説明にあたり、部品の昇温過程（温度の過渡応答）のメカニズムを述べ、昇温と劣化の関係を示し、どのような特徴が劣化指標になりえるか説明する。そして、昇温特性変化量の計算方法を示す。

【0090】まず、部品の昇温過程（温度の過渡応答）のメカニズムは次の通りである。

【0091】電子部品の電源電圧印加による昇温過程をICパッケージを例に説明する。ICパッケージの温度はパッケージで封止されたチップの消費電力に比例する。負荷電流等、電源電圧（直流バイアス）印加によりチップの自己発熱が起こり、パッケージに熱拡散し、パッケージ表面温度（実際は表面で温度分布が生じる）が上がり、パッケージ表面から外気への熱伝達により熱平衡に達してパッケージ表面温度が定常になる。以上の熱過程を正確に定式化することは困難であるので、簡単な近似モデルで昇温過程を説明する。図9にそのモデルを示す。

【0092】図9では、パッケージPC物質内での温度  $T_c$  を均一と考え、チップ  $P_a$  を単なる抵抗体と考えている。また、直流電源  $P_E$  により直流バイアス電流  $I$  がチップ  $P_a$  に流れ、消費電力に相当する熱量  $P$  が発生すると考える。この場合、熱バランスから次式の微分方程式が成り立つ。

【0093】

【数6】

（定数）、 $T_c$ はパッケージ温度、 $t$ は時間である。

【0094】（16）式を書き換えて、

【数7】

温度  $T_a$  とし、（17）式をラプラス変換すると、伝達

関数  $G(s)$  ( $s$  はラプラス演算子) は次のようになる。

$$G(s) = \frac{\tau \times K}{\tau \times s + 1}$$

いま、熱量  $P$  をステップ入力 ( $P(s) = P/s$ ) とし、 $G(s) \times P(s)$  を逆ラプラス変換して次式が導かれる。

$$T(t) = K \times P \times \tau \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \dots\dots(18)$$

但し、 $\tau$  は時定数、 $K \times P \times \tau$  は常昇温度値である。

【0097】(19) 式の  $T(t)$  が任意の時刻  $t$  におけるパッケージ  $PC$  の昇温度である。

【0098】つぎに、昇温と劣化の関係について述べる。(19) 式をグラフ表示したものが図 10 である。同図中の曲線  $F1$  は (19) 式の近似モデル、 $F2$  は消費電力が増加するケースの劣化  $IC$  の昇温曲線を想定した略図である。 $F1$  と  $F2$  は時定数  $\tau$  が同じで、定常温度値  $T1$ 、 $T2$  が異なる。劣化  $IC$  において、劣化により消費電力が増加することは、相当する熱量  $P$  が増加することにほかならない。(17) 式からわかるように時定数  $\tau$  はパッケージ固有の物理定数で決まる値であり、チップの劣化に影響受けない。よって、 $F1$  と  $F2$  は時定数  $\tau$  を同じと仮定している (自己発熱が高温になったり、パワートランジスタのようにスイッチ動作で熱ストレスの  $ON/OFF$  を受ける場合、パッケージの熱膨張で物理定数が変わる可能性があるがここでは無視する)。

【0099】(19) 式より、熱量  $P - P + \Delta P$  (但

$$\alpha 1 = T A N^{-1}(K \times P)$$

$$\alpha 2 = T A N^{-1}(K \times (P + \Delta P))$$

当然、 $\alpha 1 < \alpha 2$  であり、この昇温変化率で劣化を示せることがわかる。

【0103】この昇温変化率は物理定数、熱量 (または消費電力) がわからないと計算できないので、実際は昇温度立ち上がり付近のデータを線形最小二乗近似し、その近似線の傾きを昇温変化率の推定値とすればよい。その様子を図 10 のエリア  $A1$  を拡大したエリア  $A2$  に示

$$\text{昇温特性変化量 } Q[v] = \alpha[v] - \alpha_s[v]$$

但し、 $v = 1 - M_N$ 、 $M_N$  は分割数、 $\alpha[v]$  は診断時の分割領域  $MB[v]$  における温度変化率、 $\alpha_s[v]$  は基準昇温画像データの計測時の分割領域  $MB[v]$  における温度変化率である。

【0105】(21) 式は、その絶対値を昇温特性変化量として扱ってもよい。昇温変化率は電子部品の表面温度に対するものである。よって、分割領域一つに部品一

【0095】

【数 8】

【0096】

【数 9】

$$\dots\dots(19)$$

し、 $\Delta P > 0$ ) と増加すると定常昇温度が上昇することがわかる。 $T1 = k \times P \times \tau$ 、 $T2 = k \times (P + \Delta P) \times \tau$  より、 $T1 < T2$  となる。

【0100】上述したように、実装状態の部品はその実装密度が高くなるほど定常付近では周囲部品の影響を受ける。よって、定常値  $T1$ 、 $T2$  は実際、理論値と異なる。すなわち、周囲との平均化により部品単独の温度を示さない。しかし、温度立ち上がり付近は周囲部品の発熱も小さいので、実装密度が高くても個々の部品の温度は部品の自己発熱そのものである。そこで、温度立ち上がり付近の昇温曲線の傾き (昇温変化率と以後呼ぶ) に着目する。この昇温変化率は温度立ち上がり点における接線である。

【0101】図 10 では、曲線  $F1$ 、 $F2$  の昇温変化率は原点から引いた接線  $FL1$ 、 $FL2$  の傾き  $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$  である。この一次遅れ系の昇温応答で昇温変化率  $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$  は次式で与えられる。

【0102】

【数 10】

$$\dots\dots(20)$$

した。エリア  $A2$  では、立ち上がり近傍の昇温度点  $PT1 \sim PT4$  の最小二乗近似線が  $FL2$  であることを示している。昇温度特性の特徴量を昇温変化率とし、次式により昇温特性変化量を計算する。

【0104】

【数 11】

$$\dots\dots(21)$$

つが入るように温度分割し、部品表面の一点の昇温過程を計測する。(通常はピーク温度点)。

【0106】以上の説明では、昇温度値そのものの变化を考えてきたが、温度画像の累積濃度値  $TD$ 、フラクタル次元  $FD$  及び相互相関係数の変化で代用することもできる。この様子を図 11～図 13 に示す。図 11 は任意の昇温時間 (サンプリング時) に計測した分割温度画像

に対し、その累積濃度値  $T D$  の曲線  $F T D$  (略図) を示している。この場合の累積濃度値  $T D$  の立ち上がりの傾き  $\alpha T D$  を昇温変化率の代替値とする。また、第 12 図では、任意の昇温時間 (サンプリング時) に計測した分割温度画像に対し、そのフラクタル次元  $F D$  の曲線  $F F D$  (略図) を示している。この場合のフラクタル次元  $F D$  の立ち上がりの傾き  $\alpha F D$  を昇温変化率の代替値とする。図 13 では、任意の昇温時間 (サンプリング時) に計測した分割温度画像と昇温時間が 0 の分割温度画像との相互相関係数に対し、1-前記相互相関係数 (=  $C D$ ) の曲線  $F C D$  を示している。この場合の  $C D$  の立ち上がりの傾き  $\alpha C D$  を昇温変化率の代替値とする。

【0107】この実施形態においては、実装密度が高い場合でも、温度が平均化する定常状態でなく、温度立ち上がり近傍で劣化評価するので、周囲 (実装状態) の影響による劣化誤判定を最大限低減でき、判定の正確さが増す。

【0108】図 14 および図 15 は本発明をネットワークシステム化した実施形態を示す図である。すなわち診断センタからネットワーク網を介して遠隔地の設備を診断するリモート診断システムに本発明を適用した実施形態を示すものである。なお、図 1 と重複する構成部分には同一符号を付して示し、詳細説明は省略する。同図のシステムは、遠隔地の計測・診断端末装置 142、144 と、診断ホストセンタ 143 と、これらを相互に接続する通信回線網 145 から構成されている。計測・診断端末装置 142 および 144 の構成は同じであるが、次のように構成されている。赤外線温度カメラ 11、差分手段 12、温度検出手器 13、濃淡画像化手段 14、バッファ 15、入力制御手段 16、バッファ制御手段 17 からなる昇温画像データ発生部を備えている。この昇温画像データ発生部で得られた昇温画像データ ( $h$ ) は通信制御手段 24 に供給される。通信制御手段 24 は入力されたデータ ( $h$ ) をビット列 ( $p 1$ ) に分解し、通信回線網 145 との伝送制御を行う。通信制御手段 24 から出力されるデータ ( $p 1$ ) はモデム 25 に供給され、ここでアナログ信号に変調され、通信回線網 145 に送り出される。モデム 25 は、また、通信回線網 145 からのアナログ受信データ ( $t 1$ ) をデジタルデータ ( $p 2$ ) に復調して通信制御手段 24 に供給する。通信制御手段 24 からの出力は後述するように診断結果 ( $w$ ) であるが、この出力は出力制御手段 26 を介してプリンタ 27 およびディスプレイ 28 に供給される。すなわち、出力制御手段 27 からプリンタ出力データ ( $q 1$ ) をプリンタ 27 に入力し、また、ディスプレイ表示データ ( $q 2$ ) をディスプレイ 28 に供給する。

【0109】次に、診断ホストセンタ 143 は次のように構成されている。

【0110】モデム 31 は計測・診断端末装置 142 からのデータ ( $t 1$ ) および計測・診断端末装置 144 から

らのデータ ( $t 2$ ) を受信し、デジタルデータ ( $p 1$ ) に復調する。モデム 31 はまた、通信制御手段 32 からのデータ ( $p 2$ ) をアナログデータ ( $t 1$ 、 $t 2$ ) に変調し、それぞれ、計測・診断端末装置 142 および計測・診断端末装置 144 に出力する。

【0111】モデム 31 からのデータ ( $p 1$ ) は通信制御手段 32 に入力され、ここでビット列 ( $p 1$ ) を昇温画像データに組み立てられる。通信制御手段 32 から出力された昇温画像データ ( $h$ ) は画像分割手段 19 に供給される。画像分割手段 19 により分割された昇温画像データ ( $h$ ) は温度分布変化量計算手段 20 に供給される。診断ホストセンタ 143 はまた、昇温画像データベース 18、劣化判定手段 21、可視画像データベース 23、マップ作成手段 22 を備え、図 1 に示した計測・診断装置と同じ画像処理が行われる。診断ホストセンタ 143 は、さらに、温度分布変化量計算手段 20 で計算した結果 ( $k$ ) を格納するトレンドデータベース 33 と、トレンドデータベース 33 に格納された温度分布変化量のトレンドデータ ( $r$ ) が入力され、劣化のトレンド評価を行うトレンド評価手段 34 と、トレンド評価手段 34 の評価結果 ( $s$ )、劣化判定手段 21 の判定結果 (1)、およびマップ作成手段 22 が作成した出力マップ図 ( $o$ ) がそれぞれ入力され、診断結果のレポート ( $w$ ) を作成し、これを通信制御手段 32 へ出力する出力手段 35 を備えている。

【0112】次に、このように構成された実施形態の動作を説明する。

【0113】先ず、診断ホストセンタ 143 において、通信制御手段 32 はデータバッファと伝送データのデータ分解、組立、誤り制御を行い、モデム 31 との回線接続・制御を行う通信制御処理装置であり、モデム 31 と通信制御手段 32 によりデータ伝送・制御が行われる (なお、回線接続先はあらかじめ設定されているものとする)。診断ホストセンタ 143 では、遠隔地の計測・診断端末装置で計測した昇温画像データ ( $h$ ) を受信し、センタ 143 で温度分布変化量 ( $k$ ) を計算し、そのデータをトレンドデータベース 33 に逐次格納する。この温度分布変化量 ( $k$ ) のトレンドデータ ( $r$ ) はトレンド評価手段 34 で自動評価される。その様子を図 15 を用いて説明する。

【0114】診断時  $t B13$  において、トレンドデータベース 33 から取り出したトレンドデータ ( $r$ ) が図 15 のようになっていたとする。ここでは説明上、単に過去データを 2 点 (診断月  $t B11$ 、 $t B22$  の温度分布変化量データ) を図示している。

【0115】自動評価では、温度分布変化量データ  $P C1$ 、 $P C2$ 、 $P C3$  を最小二乗法により線形近似し、近似線  $F L C$  と劣化判定しきい値  $L$  が交差する点  $P C *$  を計算する。このときの点  $P C *$  に達するまでの時間  $t L$ 、すなわち、



$$t_L = t^* - t_{B13}$$

(22)

を計算する。この $t_L$ が、

$$t_L > t_y$$

(23)

となった場合(但し $t_y$ はユーザ設定の許容時間)、「劣化の兆候あり」と評価し、そうでない場合、「劣化の兆候なし」と評価する。

【0116】出力手段35にはトレンド評価手段34の評価結果(s)、劣化判定結果(1)、劣化判定結果(1)で「劣化あり」と判定された場合に劣化領域がマークされたマップ(可視画像)出力(o)がせ入力される。出力手段35は、これらのデータ(s, 1, o)をレポートにまとめ、レポートデータ(診断結果レポート)(w)を通信制御手段32へ出力する。このレポートは通信制御手段32とモデム31により遠隔地の計測・診断端末装置へデータ $t_1$ または $t_2$ として伝送される。

【0117】次に、この実施形態における通信回線網は、モデム接続であるので、電話回線であるが、電話回線以外にもデジタル通信網ISDNなどを利用できる。但し、この場合、デジタル伝送になるので、宅内回線終端装置DSUをモデムに置き換える必要がある。また、リモート診断をLAN(ローカルエリアネットワーク)で構成することもできる。この場合、通信制御手段およびモデムがルータに置き変わり、同軸ケーブルまたは光ファイバのネットワーク網となる。さらに、フレームリレー網、ATMネットワーク、衛星通信などあらゆるネットワーク経由のリモート診断が可能である。

【0118】計測・診断端末装置142については、モデム22、通信制御手段21は、上記のホストセンタ143におけるモデム31および通信制御手段32と同じである。すなわち、計測・診断端末装置142で計測した実装基板の昇温画像データ(h)がモデム22、通信制御手段21により診断ホストセンタ1433へ伝送される。診断ホストセンタ143から受信した劣化診断結果(w)が、通信制御手段21を介して入力された出力制御手段23はその内容を認識可能なデータ(q1)に変換しこれをプリンタ27に出力する。

【0119】なお、計測・診断端末装置4も計測・診断端末装置2と同じ作用である。

【0120】このような実施形態によれば、複数の遠隔地と診断ホストセンタがネットワーク(または通信回線)網で接続されるので、診断サービスを複数遠隔地に提供でき、診断の一元管理が可能になる。

【0121】以上説明した実施形態においては、実装基板の電源ONからの温度変化を計測対象にしたが、実装基板の動作条件には、電源ONから電源OFFへの切り替え後の温度低下の変化も測定対象としてもよい。また、電源ONとOFFへの切り替えを繰り返した場合の温度変化を測定してもよい。すなわち、入力信号条件、電源ON/OFF条件の種々の組み合わせに対して本発

明を適用することが可能である。

【0122】本発明は、上記入力信号条件、電源ON/OFF条件の組み合わせ以外に、環境条件との組み合わせに対しても適用可能である。例えば、実装基板温度をヒーターなどで故意に上昇させたり、逆に、恒温槽により冷却したり、あるいは回路の一部にレーザービームを照射して温度を上昇させた状態において適用することも可能である。

【0123】また、以上説明した実施形態においては、実装基板の劣化の診断を目的としたが、故障(異常も含む)診断にも本発明は適用できる。この場合、上記の実施形態と異なる点は、劣化のしきい値判定が故障のしきい値判定に変わるだけである。すなわち、この場合、故障させた実装基板と基準実装基板との温度分布変化量(又は昇温特性変化量)をしきい値に採用する点が異なるだけである。劣化の場合より故障の場合の方が温度変化が大きいため、故障検出感度は劣化検出感度よりも当然高くなる。上述した各実施形態はこの変更により、そのまま故障診断装置あるいはリモート故障診断システムとなる。

【0124】また、以上の各実施形態において、例えば、マイクロスコプ等高倍率レンズを利用した赤外線温度カメラを利用することにより、温度検出の空間分解能をあげるにより、半導体デバイスの劣化や故障箇所を高感度に検出できる。すなわち、半導体デバイスのパッケージを開封してチップ表面を撮影して、チップ回路表面温度を計測し、本発明の診断手段を適用すればチップ回路内の劣化や故障箇所を高感度に検出できる。

【0125】さらに、電気計装機や電動機、電力設備などの劣化検出に対しても本発明を適用することができる。

【0126】

【発明の効果】以上説明した本発明によれば、次のような効果が得られる。

【0127】第1に、実装基板の実装表面温度を計測するだけで、高感度に実装基板の劣化を検出し、かつ劣化部品(劣化領域)を特定することができ。

【0128】第2に、本発明を通信回線網を介したリモート診断システムとして動作させることにより、遠隔診断サービスが実現できる。

【0129】第3に、本発明を故障診断に適用し、正確性の高い故障箇所の特定を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の劣化診断装置の1実施形態を示すブロック図である。

【図2】図1に示す劣化診断装置の動作を説明するためのフローチャートである。

【図 3】図 1 に示す劣化診断装置の動作を説明するための昇温度・濃淡値変換グラフである。

【図 4】図 1 に示す劣化診断装置の動作を説明するための温度画像の座標図である。

【図 5】図 1 に示す劣化診断装置の動作を説明するための温度画像累積濃度の時間変化図である。

【図 6】図 1 に示す劣化診断装置の動作を説明するための温度画像の分割方法を示す図である。

【図 7】図 1 に示す劣化診断装置の動作を説明するための経年日数と分割昇温画像データ図である。

【図 8】図 1 に示す劣化診断装置の動作を説明するための温度分布変化量の計算結果表である。

【図 9】本発明の他の実施形態を説明するための IC パッケージの抽象化モデル図である。

【図 10】図 9 に示す IC パッケージの昇温グラフである。

【図 11】本発明の他の実施形態を説明するための昇温時の累積濃度の時間変化グラフである。

【図 12】本発明の他の実施形態を説明するための昇温時のフラクタル次元の時間変化グラフである。

【図 13】本発明の他の実施形態を説明するための昇温時の相互相関係数の時間変化グラフである。

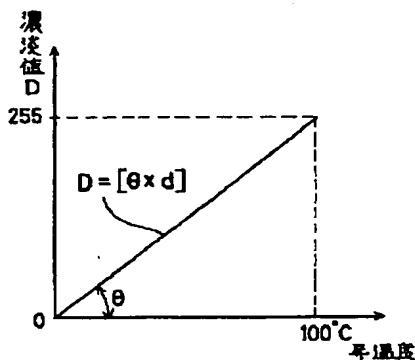
【図 14】本発明のさらに他の実施形態を示すリモート劣化診断システムのブロック図である。

【図 15】図 14 に示すリモート劣化診断システムの動作を説明するための温度分布変化量のトレンドグラフである。

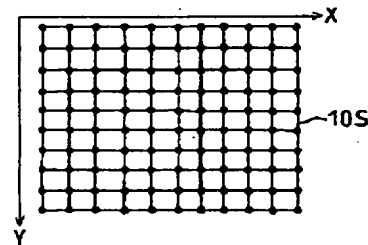
【符号の説明】

- 10 : 実装基板
- 11 : 赤外線温度カメラ
- 12 : 差分手段
- 13 : 温度検出器
- 14 : 濃淡画像化手段
- 15 : バッファ
- 16 : 入力制御手段
- 17 : バッファ制御手段
- 18 : 昇温画像データベース
- 19 : 画像分割手段
- 20 : 温度分布変化量計算手段
- 21 : 劣化判定手段
- 22 : マップ作成手段
- 23 : 可視画像データベース
- 142 : 遠隔地の計測・診断端末装置
- 24 : 通信制御手段
- 25 : モデム
- 26 : 出力制御手段
- 27 : プリンタ
- 28 : ディスプレイ
- 143 : 診断ホストセンタ
- 31 : モデム
- 32 : 通信制御手段
- 33 : トレンドデータベース
- 34 : トレンド評価手段
- 35 : 出力手段
- 144 : 遠隔地の計測・診断端末装置
- 145 : 通信回線網

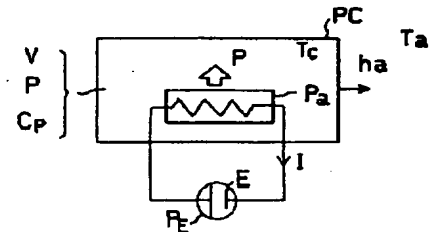
【図 3】



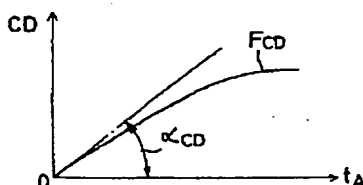
【図 4】



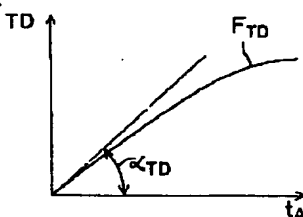
【図 9】



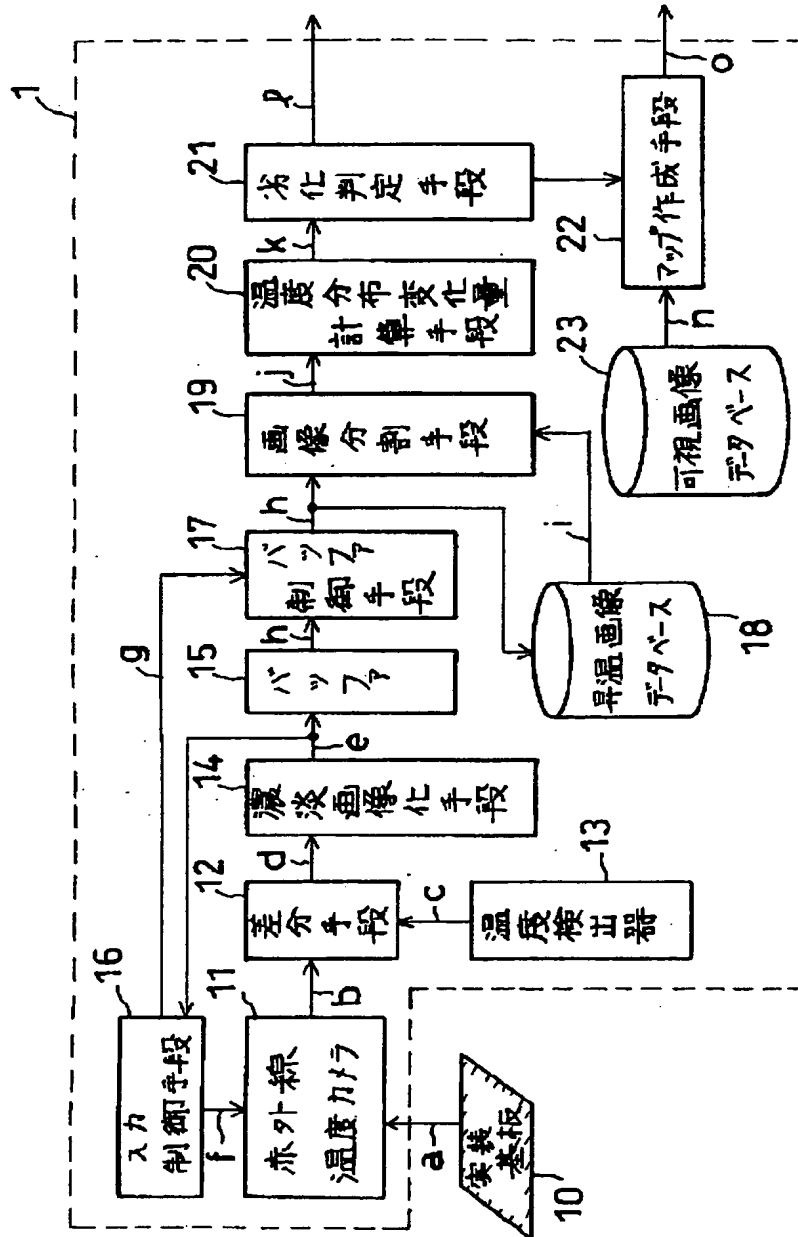
【図 13】



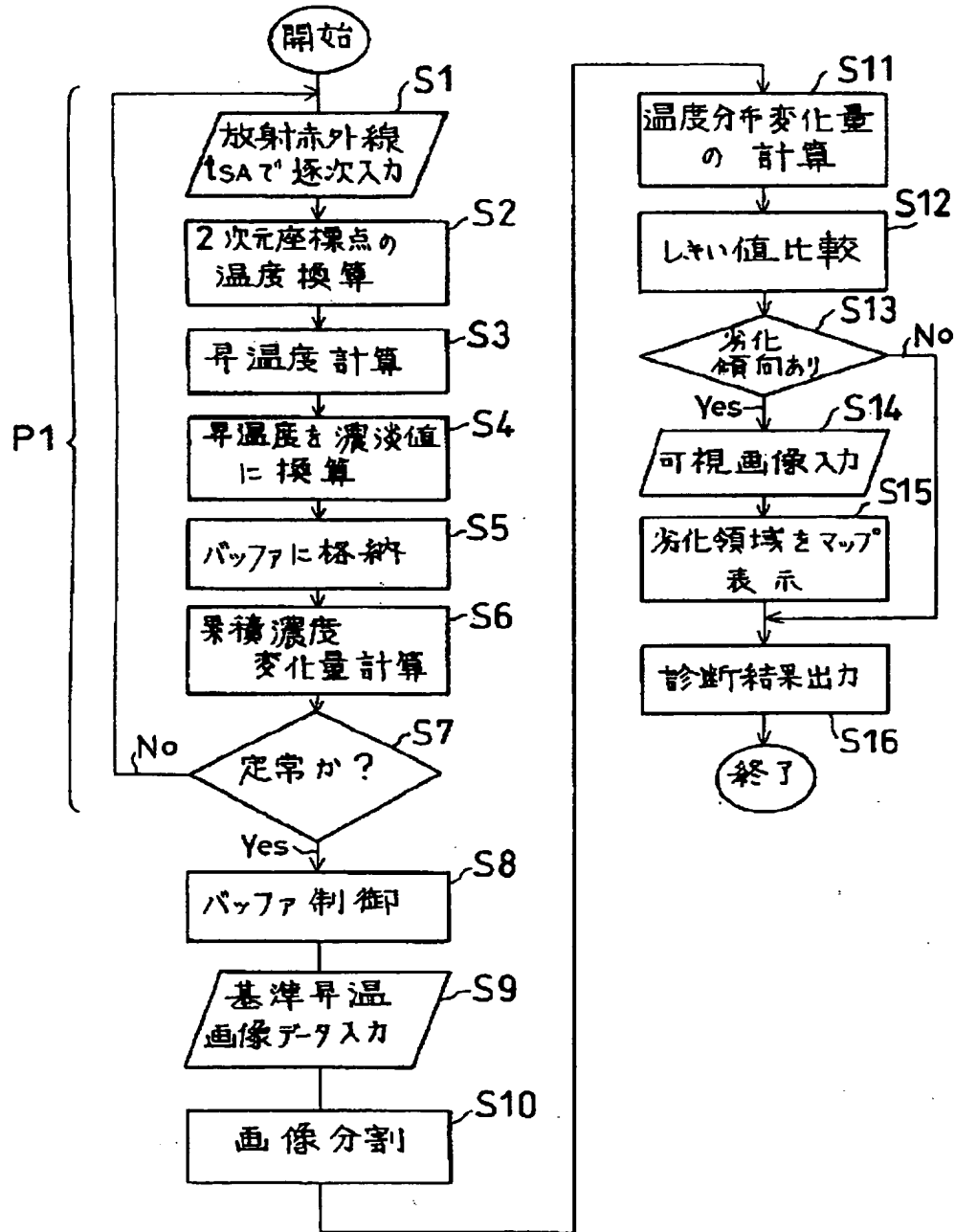
【図 11】



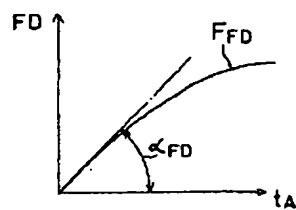
【図1】



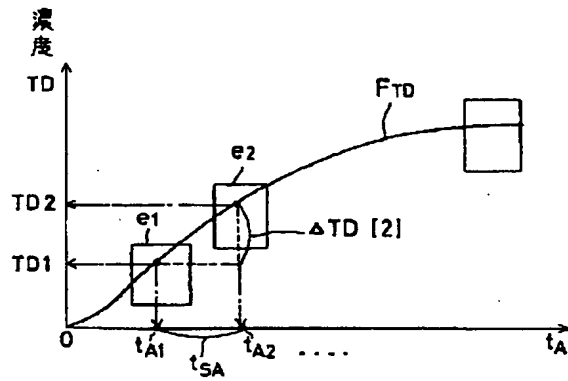
【図2】



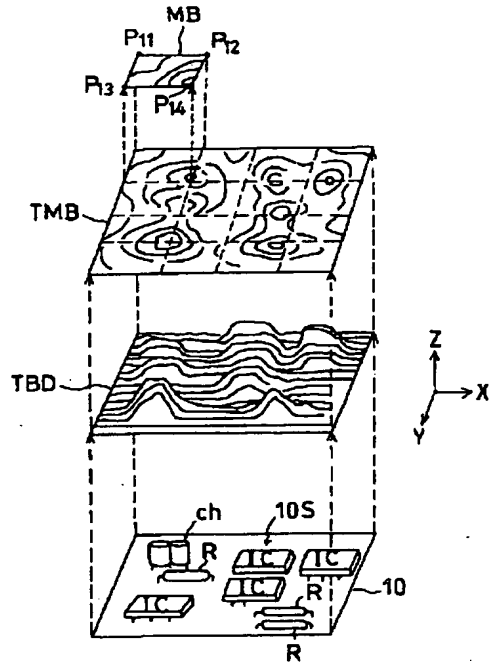
【図12】



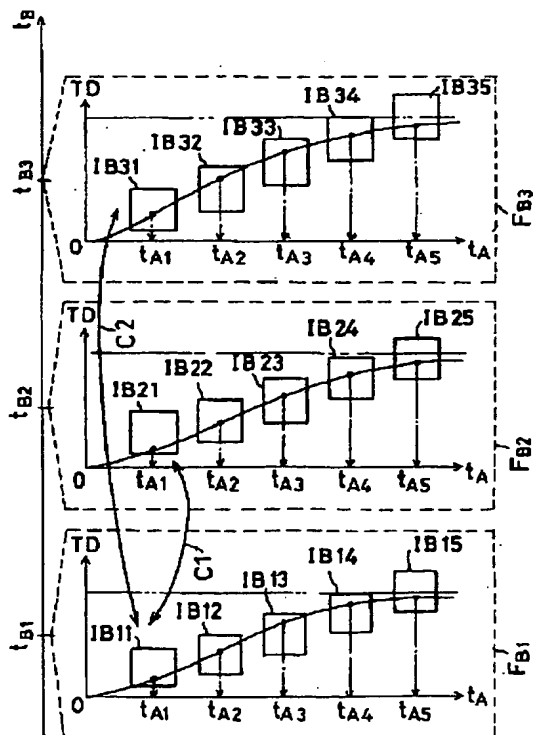
【図5】



【図6】

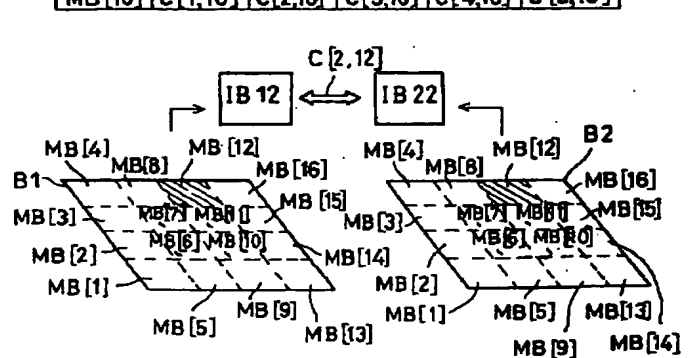


【図7】

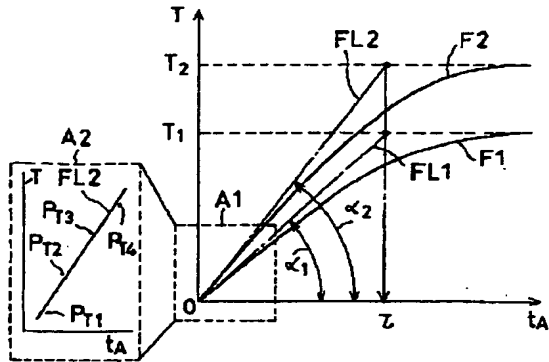


【図8】

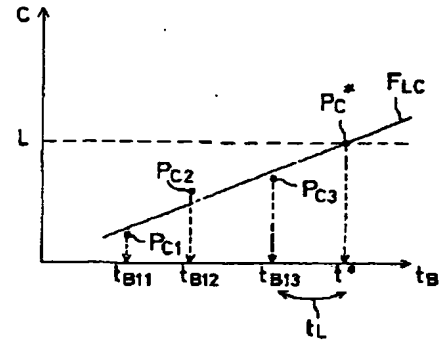
RS						
MB	tA	tA1	tA2	tA3	tA4	tA5
MB [1]	C[1,1]	C[2,1]	C[3,1]	C[4,1]	C[5,1]	
MB [2]	C[1,2]	C[2,2]	C[3,2]	C[4,2]	C[5,2]	
MB [3]	C[1,3]	C[2,3]	C[3,3]	C[4,3]	C[5,3]	
MB [4]	C[1,4]	C[2,4]	C[3,4]	C[4,4]	C[5,4]	
MB [5]	C[1,5]	C[2,5]	C[3,5]	C[4,5]	C[5,5]	
MB [6]	C[1,6]	C[2,6]	C[3,6]	C[4,6]	C[5,6]	
MB [7]	C[1,7]	C[2,7]	C[3,7]	C[4,7]	C[5,7]	
MB [8]	C[1,8]	C[2,8]	C[3,8]	C[4,8]	C[5,8]	
MB [9]	C[1,9]	C[2,9]	C[3,9]	C[4,9]	C[5,9]	
MB [10]	C[1,10]	C[2,10]	C[3,10]	C[4,10]	C[5,10]	
MB [11]	C[1,11]	C[2,11]	C[3,11]	C[4,11]	C[5,11]	
MB [12]	C[1,12]	C[2,12]	C[3,12]	C[4,12]	C[5,12]	
MB [13]	C[1,13]	C[2,13]	C[3,13]	C[4,13]	C[5,13]	
MB [14]	C[1,14]	C[2,14]	C[3,14]	C[4,14]	C[5,14]	
MB [15]	C[1,15]	C[2,15]	C[3,15]	C[4,15]	C[5,15]	
MB [16]	C[1,16]	C[2,16]	C[3,16]	C[4,16]	C[5,16]	



【図10】



【図15】



【図14】

